

Бондарева Галина Ивановна

профессор кафедры метрологии,
стандартизации и сертификации

Российский Государственный Аграрный
Университет – МСХА имени К.А. Тимирязева

Орлов Борис Намсынович

профессор кафедры технической эксплуатации
технологических машин и

оборудования природообустройства

Российский Государственный Аграрный
Университет – МСХА имени К.А. Тимирязева

Bondareva Galina Ivanovna

Professor, Department of Metrology,
standardization and certification

Russian State Agrarian University –
MTAA named after K. A. Timiryazev

Orlov Boris Namsynovich

Professor of the Department of technical
operation of technological machines
and equipment of environmental engineering,

Russian State Agrarian University –
MTAA named after K. A. Timiryazev

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЧНОСТИ И ЖЕСТКОСТИ КОНСТРУКЦИЙ
КАБИН С ЦЕЛЬЮ ПОВЫШЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ
ОПЕРАТОРОВ**

**THE STUDY OF STRENGTH AND STIFFNESS DESIGNS OF CABS
WITH THE AIM IMPROVE THE SAFETY OF OPERATORS**

Аннотация: Кузова автотракторных устройств, обычно, включают корпус, рамы дверей, при этом корпус выполнен из штампованных листов соединённых сваркой с несущей рамой. Именно к этой раме крепятся двери, капот, крыша и днище. Известны конструкции с повышенной прочностью и жесткостью для повышения безопасности операторов в аварийных ситуациях.

Ключевые слова: ступенчатые ножи, разрушаемый элемент, деформация кабины, конструкция.

Summary: Body automotive devices, usually include the body, frame doors, the body is made from stamped sheets connected by welding with the supporting frame. To this frame are mounted the doors, hood, roof, and bottom. Well-known designs with high strength and stiffness to increase safety for operators in emergency situations.

Key words: speed knives, destructible element, the deformation of the cabin design.

Как результат исследования была предложена конструкция, в которой рамы опёрты на втулки, которые при ударах по раме перемещаются (в процессе деформации корпуса) и при этом реализуется разрушение материала втулок, являющихся предохранительными устройствами. Часть энергии удара при этом расходуется на разрушение специальных деталей, что снижает энергию расходуемую на дальнейшую деформацию и разрушение корпуса [1].

На рисунке 1 показаны вертикальные стойки 1,2,3, соединённые с крышей 4 и основанием 5. Вертикальные стойки выполнены из нескольких изделий типа швеллера, что иллюстрирует разрез А-А (рисунок 1) показанный на рисунке 2.

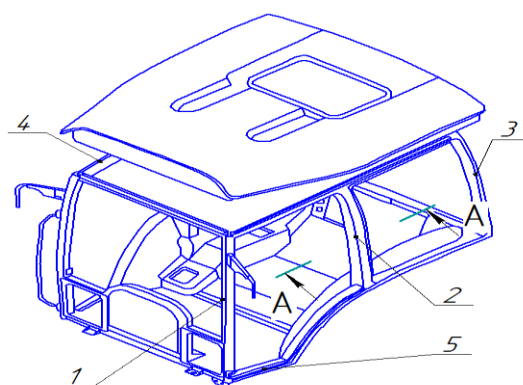


Рисунок 1– Схема кабины трактора

Здесь использованы 3 профиля: 6, 7 и 8. В профиле 8 вставлен на резьбе цилиндр 9, а в профиле 7 – цилиндр 11. При ударе по поверхности центральной стойки профиль 6 перемещается до соприкосновения со стержнем 11 (в процессе изгиба).

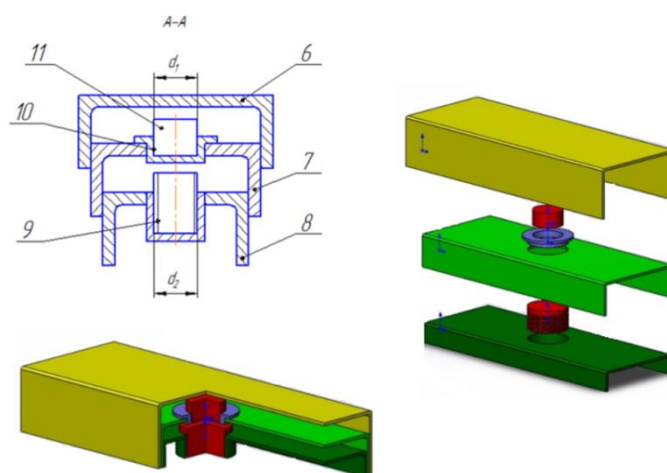


Рисунок 2 - Сечение вертикальной стойки кабины трактора, с установленным предохранительным модулем

Дальнейшая деформация связана с передачей усилия на деталь 11 с разрушением втулки 10 (путём среза его днища диаметром d_1 , рис 2. Далее происходит изгиб с перемещением профилей 6 и 7 до контакта со стержнем 9 диаметром d_2 . Его движение связано со срезом резьбы на

диаметре d_2 , то есть часть энергии расходуется на разрушение этой детали. Недостатком этой конструкции является низкая величина энергии, расходуемой на разрушение предохранительной детали, при этом ее масса относительно велика, что является серьезным недостатком конструкции.

На рисунке 3 показана схема с использованием разрушаемого штифта, который подвергается срезу при воздействии динамической силы P на деталь 1, рисунок 3. Штифт 2 круглого или квадратного сечения разрушается при движении вниз детали 1, при этом происходит срез по двум плоскостям, а опорой штифта 2 является корпус 3.

Максимальное усилие среза по двум плоскостям площадью F равно

$$P = 2\tau_B F = \frac{2}{\sqrt{3}}\sigma_B F, \quad (1)$$

где τ_B и σ_B - величины пределов прочности при сдвиге и растяжении-сжатии.

Если перемещение после начала контакта пуансона 1 со штифтом 2, обозначить x , то по мере среза усилие убывает $P(x) = \frac{P(d-x)}{d}$, (при квадратном сечении штифта размерами dx).

Работа среза равна

$$A = \int_0^d P(x) dx = \frac{P}{d} \left(dx - \frac{x^2}{2d} \right) = \left(\frac{Pd}{2} \right), \quad (2)$$

и например, стальной штифт при $\sigma_B = 510 \frac{\text{МН}}{\text{м}^2}$; $d = 10^{-2} \text{м}$, $F = 10^{-4} \text{м}^2$.

$$P = \frac{2}{\sqrt{3}} \cdot 510 \cdot 10^6 \cdot 10^{-4} = 5,89 \cdot 10^4 \text{Н} \quad (58,9 \text{ кН}) \text{ может до разрушения}$$

$$\text{воспринять энергию } A = \frac{Pd}{2} = \frac{5,89 \cdot 10^4 \cdot 10^{-2}}{2} = 2,95 \cdot 10^2 \text{ Дж.}$$

Можно усовершенствовать предохранительное устройство так, как показано на рис.3, выполнив верхний нож 1 ступенчатым.

Ввиду этого предохранительный штифт 2 разрушается сначала на левом участке (обычно длиной $1,2-1,3$) d , затем вторым выступом 4 - и далее третьим выступом 5.

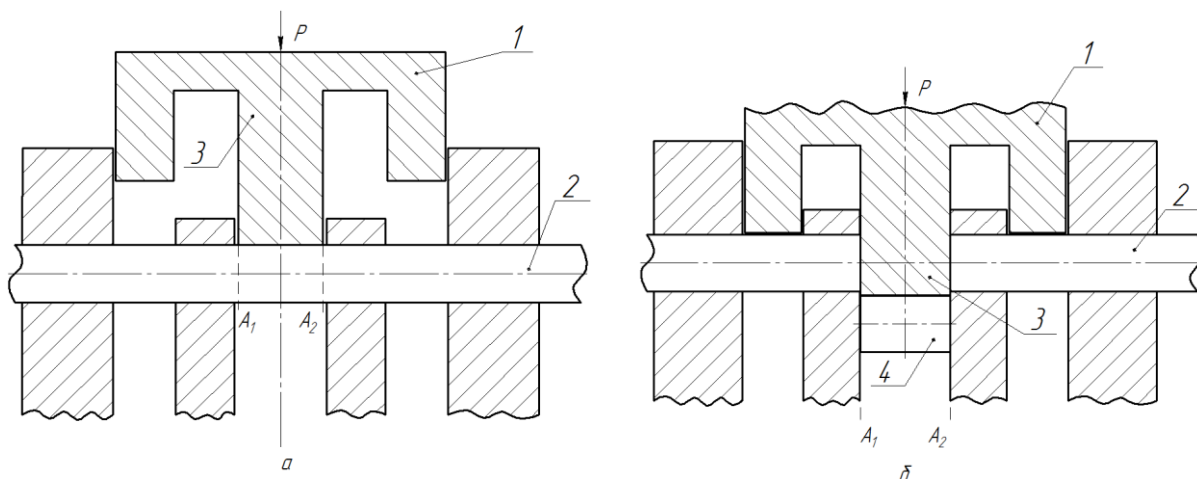


Рисунок 3 - Схема работы предохранительного элемента с последовательным разрушением штифта:
а - при срезе центральной части;
б - с опорой на два элемента

Величина работы, затрачиваемой на разрушение штифта 2 при его характеристиках, указанных выше в численном примере, возрастает в три раза – до ~ 900 Дж.

Положение верхнего ножа после перемещения на величину $\sim \langle d \rangle$ показано на рис. 4 пунктиром. Материал разрушаемой детали используется в этом случае более рационально, разрушение происходит не путем среза по двум плоскостям, а последовательно по шести плоскостям.

Можно увеличить работу, затрачиваемую на разрушение предохранительного штифта, увеличивая его размеры сечения (размер «d»), но при этом возрастает усилие, т.е. снижается основная функция предохранительного устройства – обеспечить поглощение значительной энергии при относительно небольшом усилии, (значительная величина усилий приводит к повреждениям кузова и оператора).

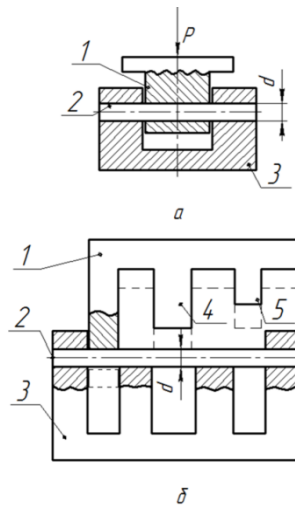


Рисунок 4 – Схема срезного предохранительного устройства

На практике разрушение штифта происходит при относительной глубине надреза, равной $\frac{x_0}{d}=0,16-0,35$ для углеродистых сталей [2].

Разрушаемые путем среза предохранительные штифты подвергаются также смятию от воздействия контактных деформаций, что незначительно увеличивает работу разрушения.

На рисунке 4 показано предохранительное устройство с симметричным расположением деталей относительно плоскости, проходящей через середину штифта (и перпендикулярной его оси), а также показано расположение детали 1 до начала процесса деформации, когда пуансон 3, расположенный в центре находится в контакте со штифтом 2.

При воздействии на деталь 1 динамического усилия Р происходит деформация среза вдоль плоскостей A_1 и A_2 (рисунке 3). На рисунке 4б

показано расположение детали 1 до начала процесса деформации, когда пуансон 3, расположенный в центре находится в контакте со штифтом 2.

На рисунке 5 показано положение детали 1 после того, как произошла деформация среза еще двух участков штифта: 5 и 6 путем среза вдоль плоскостей B_1, B_2 и C_1, C_2 .

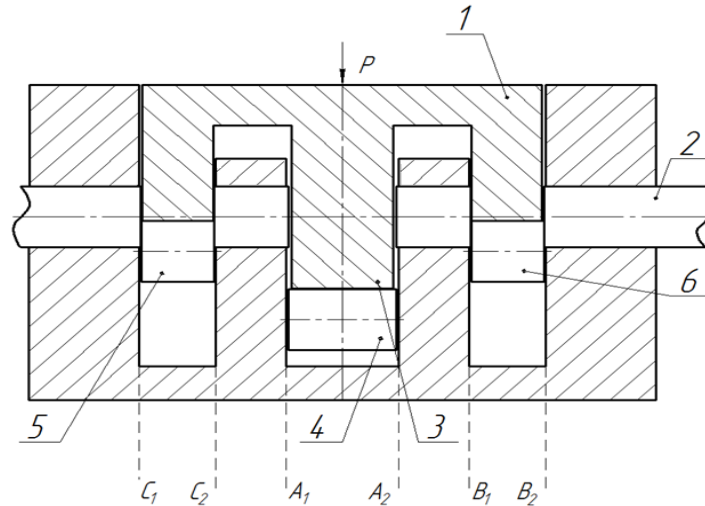


Рисунок 5 – Конечное положение детали 1 после полного разрушения штифта 2

Разрушаемый элемент – штифт 2 в такой конструкции используется более рационально: его разрушают путем среза не по двум плоскостям, а по шести (последовательно – сначала по двум: A_1A_2 , а затем еще по четырем – B_1B_2 и C_1C_2). Конечно, работу, затрачиваемую на разрушение предохранительных элементов, можно увеличить, увеличивая их размеры, но это увеличивает усилия, передаваемые на внутренние рамы корпуса.

Применение же предохранительных элементов с фасонными ступенчатыми ножами, обеспечивает последовательное разрушение отдельных участков разрушаемых при ударах штифтов, что позволяет без увеличения усилий значительно увеличить поглощаемую энергию.

Разрушаемый штифт можно выполнить переменного диаметра, программируя тем самым изменение усилий и энергии разрушения, как заданную функцию времени.

Выводы

Предложена новая конструкция предохранительного модуля, в котором часть энергии удара расходуется на разрушение специальных деталей - штифтов, что снижает энергию, расходуемую на дальнейшую деформацию и разрушение кабины трактора.

Рассмотрена задача определения деформации сжатия и изгиба срезных штифтов и втулок.

Литература

1. Орлов Б.Н. Инновационные технологии обеспечения надёжности рабочих элементов машин и оборудования: монография. – ФГБОУ ВПО МГУП, М.: 2013. – 326 с.
2. Бондарева Г.И., Орлов Б.Н. Визуализация, моделирования, надёжность в эксплуатации мобильных строительно – дорожных комплексов: статья. – «Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии» Вып. №3. Самара. 2012.
3. Бондарева Г.И. Оценка несущей способности каркасов кабин тракторов и автомобилей / Г.И. Бондарева, Н.Б. Орлов // Вестник МГАУ им. В.П. Горячкина. – 2014. – № 3. – С. 19-22.
4. Леонов О.А., Бондарева Г.И., Шкаруба Н.Ж., Вергазова Ю.Г. Качество сельскохозяйственной техники и контроль при ее производстве и ремонте / Тракторы и сельхозмашины.- 2016.- № 3. - С.30-32.
5. Бондарева Г.И., Пегушин А.В Системный анализ объектов, функций и ресурсов в процессах восстановления деталей // В сборнике: Фундаментальные и прикладные науки сегодня Материалы V международной научно-практической конференции. Авторы научных статей, н.-и. ц. «Академический». - 2015. -С. 115-118.
6. Бондарева Г.И., Леонов О.А. Метрология: измерение давления в АПК / Рекомендовано Учебно-методическим объединением вузов

Российской Федерации по агроинженерному образованию в качестве учебного пособия для подготовки бакалавров, обучающихся по направлению 35.03.06 «Агроинженерия» / Москва, 2016.

7. Бондарева Г.И., Орлов Б.Н. Исследование проблемы эффективной эксплуатации отечественной и зарубежной техники в АПК / Наука, техника и образование. -2016.-№ 7 (25).- С. 53-55.
8. Бондарева Г.И., Орлов Б.Н. Повышение безотказности колесных движителей машин природообустройства / Научный журнал. -2016. - № 7 (8). - С. 23-25.
9. Бондарева Г.И., Орлов Б.Н. Концепция проблемы механики при проектировании конструкций машин /Наука и образование сегодня. - 2016. -№ 6 (7). - С. 41-43.
10. Орлов Б.Н., Бондарева Г.И. Современные способы усиления конструкций кабин автотранспорта и тракторов Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования / Московский государственный агроинженерный университет им. В.П. Горячкина. 2014. № 2. С. 35-38.